

A CHUVA ÁCIDA E SUAS CORRELAÇÕES QUÍMICAS

Eduardo Antonio Maia Lins (*), Sérgio Carvalho de Paiva², Cecília Maria Mota Silva Lins³, Yohanna Macedo de Oliveira⁴, Ana Carolina Albuquerque Barbosa⁵

* Universidade Católica de Pernambuco / Instituto Federal de Pernambuco (Campus Recife).

RESUMO

As pesquisas referentes à acidez das chuvas têm sido aprofundadas principalmente em regiões mais industrializadas, onde se percebe um efeito mais visível do resultado da interferência humana sobre o ambiente que acabam retornando para a própria sociedade por meio da precipitação. Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade da água de chuva no bairro da Cidade Universitária, no município de Recife, estado de Pernambuco, baseando-se no pH, na condutividade e suas possíveis correlações. Para a amostragem da água da chuva, foram utilizados recipientes recicláveis esterilizados antes de cada coleta, e o local selecionado apresentava uma superfície exposta, não tendo qualquer tipo de vegetação como árvores, ou próximo de telhados com calhas a fim de que a qualidade da água coletada não fosse influenciada com a inserção de particulados como folhas e pedras de pequeno porte. Observou-se uma correlação linear simples entre o pH da chuva com o volume precipitado nos meses analisados onde o coeficiente de Pearson foi $R^2 = 0,76$, ou seja, o volume de chuva tem influência sobre sua composição química, onde volumes maiores de chuva tendem a diluir mais os elementos químicos presentes. A informação fornecida através da relação condutividade versus precipitação é de que inicialmente a condutividade vai reduzindo com o aumento da precipitação, e, em determinado momento volta a subir com o aumento da precipitação. Este fato pode ser justificado por possíveis reações químicas considerando que se trabalhou com a precipitação acumulada e não a intensidade.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação, Acidez, Variáveis, Clima, Meio Urbano.

INTRODUÇÃO

A expressão “chuva ácida” surgiu a partir da verificação e constatação de um aumento na acidez da água da chuva que precipitava em várias regiões do planeta (FORNARO, 2006). De acordo com a autora pode-se afirmar que o termo chuva ácida tem sido utilizado desde os primeiros estudos para descrever a acidificação da precipitação causada pela água da chuva, essa formação de precipitação requer a existência de condensação na atmosfera devido ao seu arrefecimento, com isso o processo de condensação é facilitado pela presença de partículas ou moléculas na atmosfera, denominadas de núcleos de condensação (SMITHSON et al., 2002), entre os quais se destacam as moléculas de cloreto de sódio, produtos de combustão do enxofre e compostos de azoto (nitrogênio).

Segundo Callegaro (2015), considera-se chuva ácida aquela que apresenta um pH inferior 5,6 e uma chuva alcalina com pH superior a 7. Sabendo que o termo pH é usado universalmente para expressar a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução (BERNARDO, BERNARDO e FILHO, 2002). Alguns estudos revelaram a acidez em águas da chuva em regiões industrializadas onde foram constatados valores de pH inferiores a 4,5, chegando inclusive a um pH = 2. Levando em consideração o ponto de vista químico, estes valores de pH baixos são causados pela presença de ácidos, como o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3), formados a partir do dióxido de enxofre (SO_2), respectivamente presentes na atmosfera, que ao entrar em contato com a água da chuva, apresenta um pH próximo de 5.6 (BASHKIN, & RADOJEVIC, 2003).

As pesquisas referentes à acidez das chuvas têm sido aprofundadas principalmente em regiões mais industrializadas, onde se percebe um efeito mais visível do resultado da interferência humana sobre o ambiente que acabam retornando para a própria sociedade por meio da precipitação (MARQUES et al., 2006). As regiões industrializadas e urbanizadas são as que estão mais propícias a serem afetadas pela chuva ácida, sendo assim um dos principais responsáveis à ação antrópica, pela origem das atividades industriais, queima de combustíveis fósseis por transportes, fábricas e usinas termelétricas que emitem grande quantidade de gases poluentes à atmosfera, além de provocar danos à camada de ozônio e ameaçar o planeta de superaquecimento a poluição, além de empobrecer o solo, destruir florestas, corroer monumentos e edificações, além de prejudicar a saúde do homem.

Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade da água de chuva no bairro da Cidade Universitária, no município de Recife, estado de Pernambuco, baseando-se no pH, na condutividade e suas possíveis correlações.

METODOLOGIA

- Área de Estudo:

O local escolhido para coletar as águas da chuva, foi a Cidade Universitária (Figura 1) por apresentar particularidades básicas de locais que podem apresentar características necessárias para o fenômeno de chuvas ácidas. Realizou-se uma estudo e levantamento de informações sobre o bairro com interesse de escolher o melhor posicionamento para os pontos de coletas da água da chuva. O bairro evidencia uma moderada movimentação de veículos levando a eliminação de alguns elementos químicos resultado da ampliação do uso de combustíveis fósseis nos transportes.

- Coleta de Amostras:

Para a amostragem da água da chuva, foram utilizados recipientes recicláveis esterilizados antes de cada coleta, e o local selecionado apresentava uma superfície exposta, não tendo qualquer tipo de vegetação como árvores, ou próximo de telhados com calhas a fim de que a qualidade da água coletada não fosse influenciada com a inserção de particulados como folhas e pedras de pequeno porte.

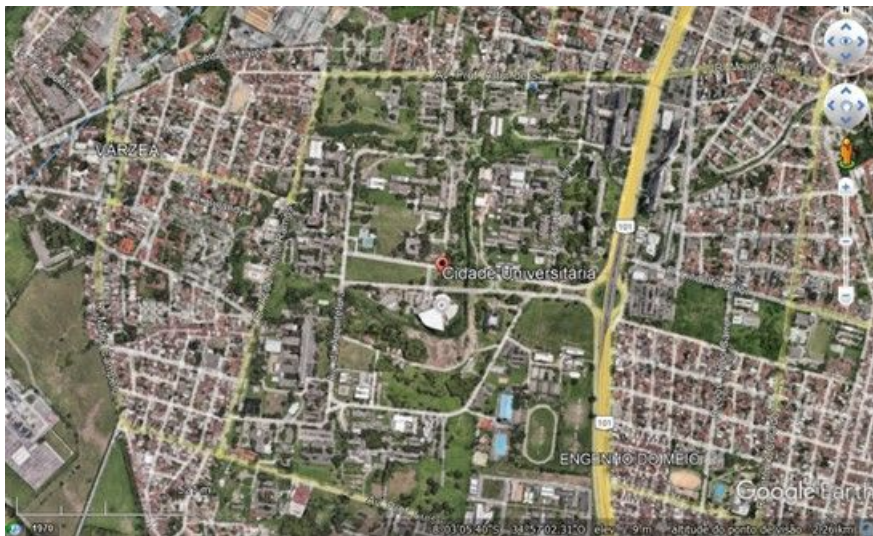


Figura 1: Bairro da Cidade Universitária.
Fonte: Google Earth (2021).

As coletas de águas de chuva foram realizadas entre os meses de dezembro de 2018 a julho de 2019 com intervalos médios de 30 dias. As análises foram realizadas em laboratório, com intuito de verificar o pH e a condutividade elétrica apresentada por elas. Para realizar a análise do pH, foi utilizado o pHmetro de bancada que funciona com um eletrodo que gera uma tensão quando é submerso na amostra: a intensidade da tensão é medida e convertida em uma escala de pH, que é apontada em uma numeração que vai de 0 a 14, em que índices iguais a 7 indicam neutralidade, menores do que 7 apontam acidez e acima disso representam alcalinidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de pH das amostras de chuva coletadas na Cidade Universitária são apresentados na Figura 2, para os meses de dezembro de 2018 a junho de 2019. Entre os intervalos dos meses de dezembro 2018 e fevereiro 2019 observaram-se baixos índices de pH, podendo indicar que as análises desses respectivos meses se encontram moderadamente ou pouco ácidas, sugerindo a possível interferência de poluentes em função da proximidade de fontes poluidoras fixas como as indústrias do Cabo de Santo Agostinho ou pelas fontes móveis do alto fluxo de veículos automotores na BR 101 que corta o bairro analisado. Essa maior concentração de poluentes no ar pode reagir com o vapor de água, alterando a concentração de íons formadores da acidez. Já para os meses de março, abril, maio e junho de 2019 constataram um pH acima de 7, podendo estar associado ao maior volume de precipitação.

De acordo com a Figura 3 também foi possível observar uma correlação linear simples entre o pH da chuva com o volume precipitado nos meses analisados, com $R^2 = 0,76$, indicando uma boa correlação. De acordo com Coelho (2007) o volume de chuva tem influência sobre sua composição química, onde volumes maiores de chuva tendem a diluir mais os elementos químicos presentes. No período de chuva as concentrações de íons são menores, devido à retirada de partículas da atmosfera por meio da incorporação da água da chuva, fazendo que a atmosfera se torne mais limpa e com menores concentrações, diferentemente no período seco, há diminuição de chuva, consequentemente há maior concentração de partículas na atmosfera, aumentando a concentração de íons (SANTOS & GASTMAN, 2016). De acordo Pereira et al. (2019), não foi verificada uma correlação inversa entre intensidade de precipitação e pH, porém, os autores perceberam uma tendência de águas mais ácidas para os meses de agosto pela dificuldade de dispersão de

poluentes em períodos mais frios. Os autores ainda sugerem a necessidade de analisar as cartas de ventos de superfície e de altitude para uma conclusão precisa. Ressalta-se que quando o ar atmosférico está desprovido de poluentes, teoricamente o único elemento que influenciará no pH das chuvas será o ácido carbônico.

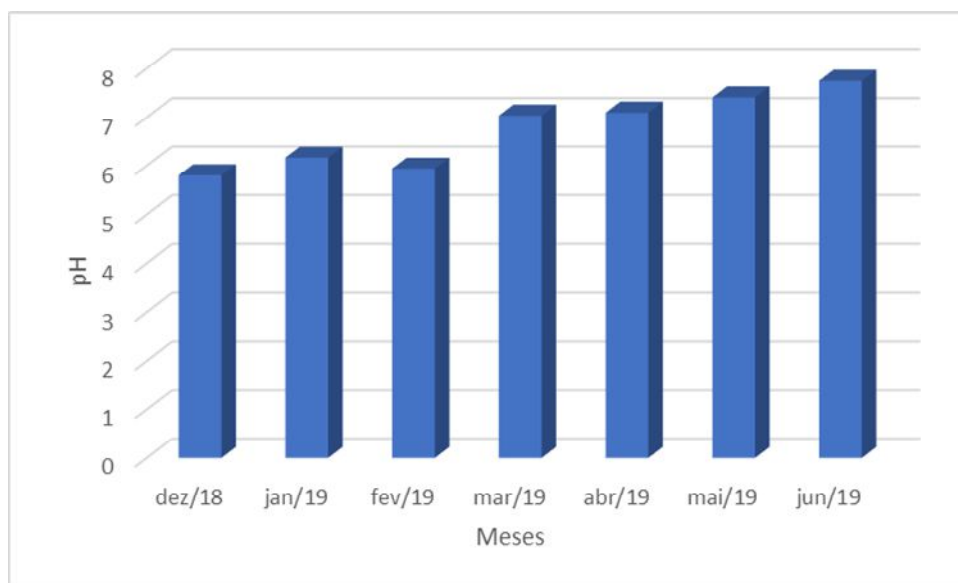


Figura 2: Correlação entre Período de Análise x pH.

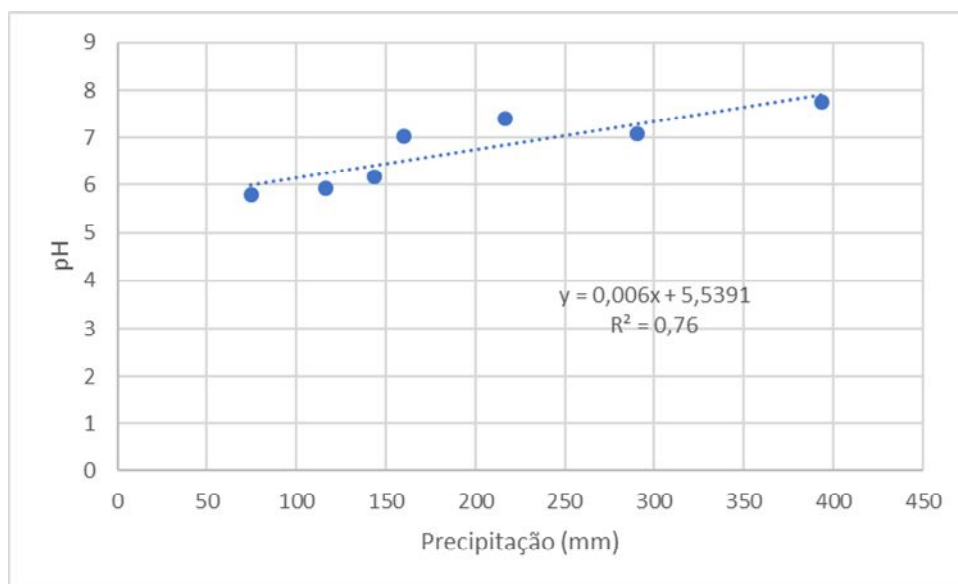


Figura 3: Correlação entre Precipitação x pH.

Lins et al. (2018), estudaram a qualidade da água de chuva para o intervalo de setembro de 2017 a junho de 2018 no bairro da Boa Vista, no município do Recife, estado de Pernambuco. Os resultados apontaram que o pH das amostras coletadas se encontravam, em média, acima de 7, contudo essa média dos fatores de neutralidade não estaria diretamente associado a ocorrência da acidez nas chuvas, uma vez que das amostras analisadas, 30,18% delas resultaram no pH levemente ácido, abaixo de 7.

Quanto a condutividade elétrica, verificaram-se baixos valores na água de chuva podendo estar associados as baixas concentrações de compostos iônicos e catódicos dissolvidos uma vez que se encontram mais distantes do litoral quando comparado aos bairros de Boa Vista e da Soledade onde foram realizados estudos de Lins et al. (2018; 2019). De um modo geral, a água da chuva nesse período não possuiu as características de uma água destilada, apresentando a média das condutividades analisadas de 21,97 μS e patamar máximo de 41,08 μS , concentrações semelhantes as obtidas por Santos e Gastmans, (2016) nas águas de chuva de Rio Claro/SP.

A Figura 4 apresenta uma correlação polinomial de segundo grau com correlação $R^2 = 0,84$ entre a precipitação acumulada e a condutividade. Verificou-se que existe uma tendência da condutividade ser maior em eventos de pequena

intensidade de precipitação, e vice-versa. De acordo com Pereira et al. (2019) “como a condutividade indica a concentração de íons dissociados em solução, pode-se fazer uma correlação entre o diâmetro da gota de precipitação com o coeficiente de limpeza da atmosfera”, ou seja, quanto menor o diâmetro da gota, maior superfície de contato e maior o coeficiente de limpeza da atmosfera.

Os efeitos das chuvas ácidas sobre o meio ambiente podem ser impactantes. A água torna-se mais ácida, o que pode provocar o desaparecimento da vida animal e vegetal dos lagos, canais e rios. Os seres vivos mais afetados são os peixes (diversas espécies), os líquenes, os musgos e os fungos, alguns deles essenciais para a massa florestal, bem como os organismos aquáticos menores (YOLANDA et al., s/d). Contudo, o efeito acaba por alcançar outros seres vivos, designadamente as árvores, cuja diminuição faz aumentar, por sua vez, a possibilidade de avalanches e deslizamentos de terras, pondo em perigo as populações circundantes (YOLANDA et al., s/d). O processo de acidificação devido às chuvas ácidas também pode reduzir a fertilidade dos solos e libertar metais que podem danificar os microrganismos da terra assim como as aves e até os mamíferos posicionados no topo da cadeia alimentar, incluindo o Homem (DEHAYES, 1999).

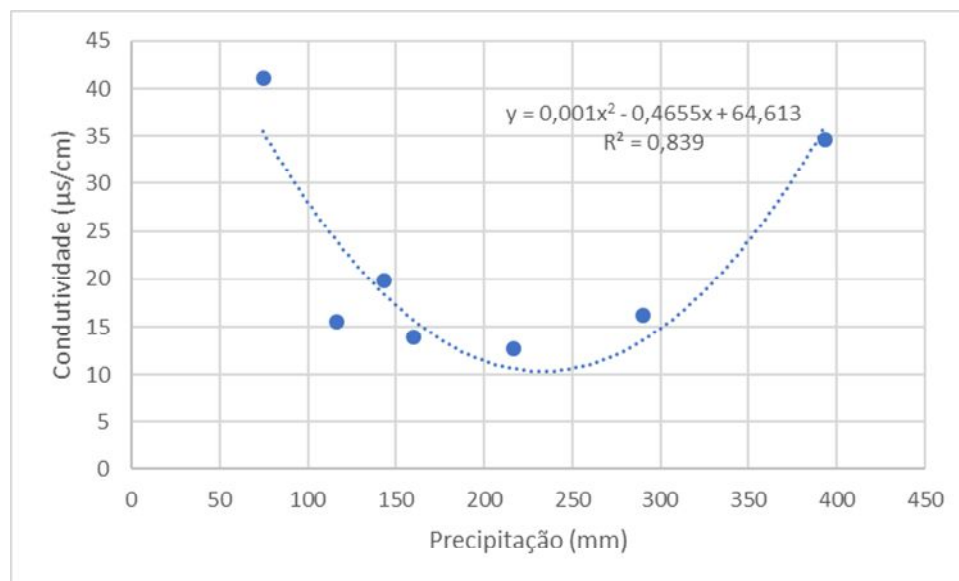


Figura 4: Correlação entre Precipitação x Condutividade.

Vale ressaltar que a vegetação atingida pela chuva ácida geralmente apresenta diminuição da folhagem, as árvores danificadas perdem folhas mais rapidamente, podendo assim assumir uma aparência muito irregular, sabendo que a poluição atmosférica de dióxido de enxofre produz algumas manchas amarelas em folhas exposta e em contato que esse fenômeno (BAINES, 1997). Observando também as estruturas físicas ao redor na área em estudo, ressaltamos que não houve muito indícios de danificação diretamente ligada à ação da chuva ácida, sabendo que os materiais de construção estes se desgastam naturalmente através dos anos, entretanto isto demanda algum tempo, a ação da chuva ácida pode influenciar acelerando o processo de corrosão da pedra, do metal ou da tinta, lembrando que estudo aponta que a estátua do Cristo Redentor, inaugurada em 1931, suportou no decorrer dos anos a ação dos ventos, umidade, fortes tempestades, porém, a ação mais forte foi a das chuvas ácidas, sendo responsável, inclusive, pela restauração da estátua na década de 1990 (JESUS, 1996).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Entre os intervalos dos meses de dezembro 2018 e fevereiro 2019 observaram-se baixos índices de pH, podendo indicar que as análises desses respectivos meses se encontram entre pouca a moderadamente ácidas, sugerindo a possível interferência de poluentes em função da proximidade de fontes poluidoras fixas como as indústrias do Cabo de Santo Agostinho ou pelas fontes móveis do alto fluxo de veículos automotores na BR 101 que corta o bairro analisado;
- Observou-se uma correlação linear simples entre o pH da chuva com o volume precipitado nos meses analisados onde o coeficiente de Pearson foi $R^2 = 0,76$, ou seja, o volume de chuva tem influência sobre sua composição química, onde volumes maiores de chuva tendem a diluir mais os elementos químicos presentes;
- Ressalta-se que nos diversos ecossistemas existentes no espaço geográfico, há uma intensa interação entre diferentes elementos climáticos, como a temperatura, chuvas, ventos, dentre outros, podendo assim vincular a questão da chuva

ácida relacionada a outros aspectos do clima urbano, como a qualidade presente do ar sobre as cidades mais urbanizadas e industrializadas, e as relações entre o clima e o homem;

- A informação fornecida através da relação condutividade versus precipitação é de que inicialmente a condutividade vai reduzindo com o aumento da precipitação, e, em determinado momento volta a subir com o aumento da precipitação. Este fato pode ser justificado por possíveis reações químicas considerando que se trabalhou com a precipitação acumulada e não a intensidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CALÁBRIA, I.S.; TETI, B.S.; FILGUEIRA FILHO, A.C.; CALÁBRIA JUNIOR, W.M. Vantagens e desvantagens do sistema individual de tratamento de esgoto em condomínio residencial em Recife –PE. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 5, out./dez. 2018, p. 1828-1838.
2. BAINES, J. **Chuva Ácida**. 3. ed. São Paulo: Scipione, 1997.
3. BASHKIN, V. & RADOJEVIC, M. (2003). Acid rain and its mitigation in Asia. **International Journal of Environmental Studies**, 60(3), 205-214.
4. BERNARDO, L. D.; BERNARDO, A. D.; FILHO, P. L. C. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: RiMa Editora. 2002. 237 p.
5. CALLEGARO, R. M.; ANDRZEJEWSKI, C.; GOMES, D. R.; TURCHETTO, F.; MEZZOMO, J. C.; GRIEBELER, A. M. **Efeitos da chuva ácida em recursos florestais**. Caderno de Pesquisa. Série Biologia (UNISC), v. 27, p. 13-20, 2015.
6. DEHAYES, D. et al. (1999). Acid rain impacts on calcium nutrition and forest health, **BioScience**, 49(10), 789-800.
7. FORNARO, A. Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil? **Revista USP**, São Paulo, v. 70, p. 78-87, 2006.
8. LINS, E. A. M.; PAIVA, S. C.; SILVA, L. R. A.; BARBOSA, A. C. A.; FERREIRA, J. S. **Análise da Qualidade da Água de Chuva no Bairro da Boa Vista, Recife, Pernambuco**, IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, São Bernardo do Campo/SP, 2018.
9. MARQUES, R. et al. **Ensaio preliminar para o monitoramento da acidez da chuva em Cuiabá-MT**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 7, n. 1, p. 225-235, 2006.
10. SANTOS, V & GASTMANS, D. Composição Química da Água de Chuva em Rio Claro (SP). **Revista do Instituto Geológico**, v. 37, p. 45-60, 2016.
11. SMITHSON, P. et al. (2002). **Fundamentals of Physical environment**. Londres: Routledge.